⑲日本国特許庁(JP)　⑪特許出願公開

⑫公開特許公報(A)　平1−304511

⑤1Int.Cl.⁴	識別記号	庁内整理番号	⑬公開　平成1年(1989)12月8日
G 05 D 3/12	3 0 5	L−8209−5H	
G 05 B 11/36		Z−7740−5H	

審査請求　未請求　請求項の数 1　(全4頁)

⑤4発明の名称　サーボ制御装置

⑳特　願　昭63−135928
㉒出　願　昭63(1988)6月2日

⑦2発明者　島田　明　東京都江東区亀戸6丁目31番1号　セイコー電子工業株式会社内
⑦1出願人　セイコー電子工業株式会社　東京都江東区亀戸6丁目31番1号
⑦4代理人　弁理士　林　敬之助

明　細　書

1．発明の名称

サーボ制御装置

2．特許請求の範囲

機械系の慣性モーメントを検出または同定する手段を持ち、慣性モーメントの変動に応じて変化する固有振動数に対して、カットオフ周波数またはノッチ周波数が追従して変化する適応フィルタを設けることにより、機械共振を抑える機能を持つことを特徴としたサーボ制御装置。

3．発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

ロボットマニピュレータ，工作機械，ＸＹテーブル等の位置、速度または力制御装置に関する。

〔発明の概要〕

本発明はロボット，工作機械等の機械駆動による制御装置において低剛性により生じやすい機械共振を、機械の姿勢変化、負荷変動によって変化する固有振動数に適応してカットオフ周波数またはノッチ周波数が適宜変化する適応フィルタを用いることにより、抑えるようにしたものである。

〔従来の技術〕

一般に機械系が慣性負荷のみから構成される場合、入力をトルクまたは力とし、出力を位置とした周波数特性は第6図で表される。第6図に対して速度フィードバック、位置フィードバック等を施すことにより制御系を容易に構成できる。しかしながら、機械系が減速機，支持系，たわみ等の影響により低剛性である場合には第7図で示されるような周波数特性を有する場合が多く、機械共振が生じやすい。対応策としてサーボループの開ループゲインを共振ピーク時においてＯｄＢを越えないように抑える必要がある。第7図。また、サーボループの前向き伝達関数部分にローパスフィルタや第8図に示すようなノッチフィルタを挿入して第9図のように共振ピークをカットする方法がある。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、前者ではゲインを高くできないために、十分な速応性が得られない場合や外乱負荷に弱い等の欠点があり、後者には第10図に見られるように機械系の姿勢の変化または負荷変動により固有振動数、Q値が変化した場合、固定周波数での特性しか持たないローパスフィルタ、ノッチフィルタでは第11図のように共振ピークを除去することができず十分に対応出来ない場合があった。

〔課題を解決するための手段〕

本発明は変化する固有振動数に対して、第12図のように、追従してカットオフ周波数またはノッチ周波数がスライドすることによって機械共振を抑えることのできる適応フィルタを有するサーボ制御装置に関する。

〔作用〕

ロボット，工作機械等の機械系が低剛性である場合に、その固有振動数で生じる機械共振が問題になる場合がある。

固有振動数は、姿勢変化や負荷変動にあわせて変動する性質を持つ。そこで常に固有振動数変化に沿ってカットオフ周波数またはノッチ周波数が変化する適応フィルタを直列に介してフィードバックループを構成することによって共振ピークをカットすることにより、見かけ上高剛性な機械系として、改めて安定な制御を構成することができる。

〔実施例〕

次に本発明の実施例について、図を参照して説明する。図1が本発明の概要である。

位置指令7と現在位置8を入力しサーボ演算を行うサーボ演算部2と、演算結果5を入力し出力6を算出する適応フィルタ3により、制御装置1が構成される。

制御出力6は機械系4に入力され、4の挙動が位置データとして出力8に現れる。

第2図に低剛性なトルク伝達機構を介した2関節ロボットマニピュレータによる実施例を示す。

第2図において制御装置1はメモリ内の位置指令と位置検出手段9により検出された現在位置を比較してサーボ演算を行い、演算結果を適応フィルタの入力データとして適応フィルタ演算を行い結果を出力手段10を介して電力増幅用のパワーアンプ11に出力する。パワーアンプ11はロボット駆動用モータ12の電流を制御し、駆動用モータ12は電流に比例したトルクをロボットアーム14に対して出力する。

モータ12とロボットアーム14との間にはベルト、減速機または未知の低剛性構造物等から成り、弾性kと粘性摩擦cとでモデル化されるトルク伝達機構13が介される。

第1式はモータ12、トルク伝達機構13、ロボットアーム14の伝達関数である。パラメータは第2式で表され、固有振動数ωは弾性kとロボット及びモータとで表される有効慣性Jeとの比で求められる。有効慣性Jeはモータ12の慣性J1とロボットアームの慣性J2から成り、J2はロボットアームの姿勢θ2に応じて変化する。ロボットアームはこの固有振動数ωにおいて機械共振を生じ易いシステムとなっている。従って、固有振動数ωはθ2の関数である。

$$GP(S) = \frac{SC/J1J2+K/J1J2}{S^4+S^3C/Je+S^2k/Je} \quad (第1式)$$

但し、$Je = J1J2/(J1+J2)$

$J1 = const.$ (第2式)

$J2 = J(\theta)$ ・・・θの関数

$\omega = K/Je$ ・・・・θの関数

第3図に従来からあるノッチフィルタのアナログ回路による実施例を示す。

第3式がノッチフィルタの伝達関数。適応フィルタを実現するために同じ特性をソフトウェアに置き換える準備が必要になる。第4式が第3式を双一次変換によりディジタル化した伝達関数であり、Z変換で表される。パラメータは第5式。第6式は、第4式を時系列表現に書き下したものであり、回路による実施例と同じフィルタ特性を実現することができる。ここで、ノッチフィルタの特性は第5式のパラメータを設定することにより、一意に定められる。つまり、第5式の右辺のωをアームの姿勢変化に応じて第2式に従って逐次に

変更すればノッチフィルタの特性を動的に変化させることができる。

$$G(S)=\frac{Y(S)}{U(S)}=\frac{S^2+\omega^2}{S^2+S\cdot\omega/Q+\omega^2}\quad(第3式)$$

$$G(Z)=G(S)\Big|_{S=\frac{z_1-z^{-1}}{\tau_1+z^{-1}}}=\frac{a_0+a_1Z^{-1}+a_2Z^{-2}}{b_0+b_1Z^{-1}+b_2Z^{-2}}\quad(第4式)$$

但し、$a_0=\omega^2+4/T^2$、$b=\omega^2+4/\tau^2+2\omega^2/QT$

$a_1=2\omega^2-8/T^2$、$b=2\omega^2-8/T^2$

$a_2=\omega^2+4/T^2$、$b=\omega^2+4/\tau^2-2\omega^2/QT$（第5式）

$$y(k)=-b_1/b_0\cdot y(k-1)-b_2/b_0\cdot y(k-2)+a_0/b_0\cdot u(k)+a_1/b_0\cdot u(k-1)+a_2/b_0\cdot u(k-2)\quad(k=0,1,2,\cdots)$$（第6式）

制御装置1の制御の流れを示したのが第4図，第5図である。第4図において、制御装置1は一定のサンプリングタイム毎にアームの現在位置θ1，θ2を9から検出し、サーボ演算を行い、結果u（k）を適応フィルタサブルーチンに出力し、フィルタ出力y（k）をD／A変換器等10からt＝kT～（k＋1）Tの間出力保持する。ついで、サンプル回数kを更新し、次のサンプリングを待つ。

第5図では、第2式を用いてθ2から慣性J2を求め、有効慣性Jeを求め、弾性kとから固有振動数ωを算出し、第5式を用いてフィルタ係数を求め、第6式によりフィルタ出力y（k）を算出する。

（発明の効果）

本適応アクティブフィルタをロボット，工作機械等の機械制御系に利用することにより、機械体自身の低剛性により生じる機械共振を制御できる他に、把持物の低剛性によって生じる振動の防振にも効果を持ち、全体として機械体を安定制御させる働きを有する。

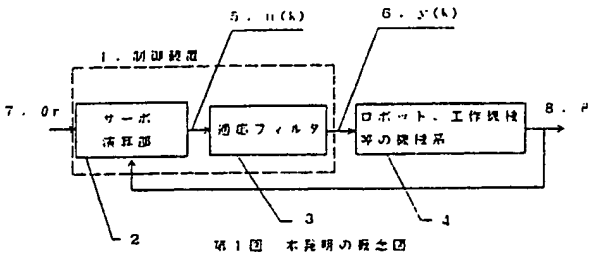
4．図面の簡単な説明

第1図に適応フィルタを挿入した制御装置の概略図を示す。第2図に低剛性なトルク伝達機構を介した2関節ロボットアームによる実施例を示す。第3図に典型的なノッチフィルタのアナログ回路による例を示す。第4図，第5図に制御の流れと適応フィルタのサブルーチンを示す。第6図から第12図に機械系及び機械系にノッチフィルタを介した場合の入力をトルクまたは力、出力を位置とした周波数特性を示す。

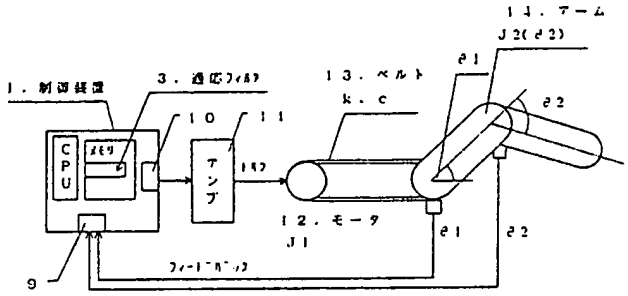
1・・・制御装置　2・・・サーボ演算部
3・・・適応フィルタ　4・・・機械系
5・・・t＝kT～（k＋1）Tにおけるフィルタ入力
6・・・t＝kT～（k＋1）Tにおけるフィルタ出力
7・・・指令位置
8・・・現在位置
9・・・位置検出手段
10・・・トルク指令出力手段
11・・・トルク制御型モータパワーアンプ
12・・・モータ
13・・・ベルトまたは減速器
14・・・ロボットアーム
Je・・・有効慣性モーメント
J1・・・モータ慣性
J2・・・アームの慣性
k・・・弾性
c・・・粘性
Q・・・共振Q値
θ1・・第1軸の位置
θ2・・第2軸の位置
ω・・・固有振動数
T・・・サンプリングタイム
a_0～a_2，b_0～b_2・・・フィルタ係数
k・・・サンプリング回数（0，1，2……）
s・・・ラプラス変換演算子
z・・・z変換演算子

以　上

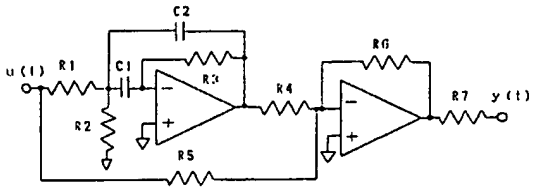
出願人　セイコー電子工業株式会社
代理人　弁理士　林　敬之助



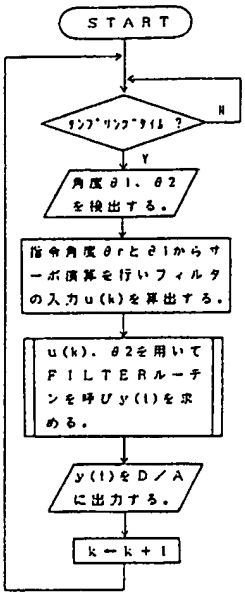
第１図　本発明の概念図



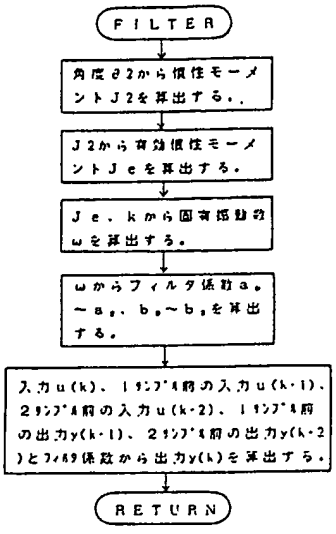
第２図　実施例のハードウェアと伝達関数の説明図



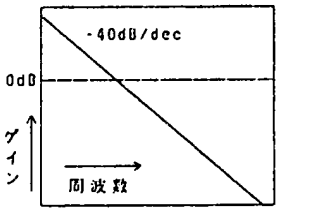
第３図　ノッチフィルタ回路図と式の説明図



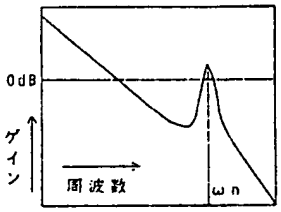
第４図　制御の流れを示す図



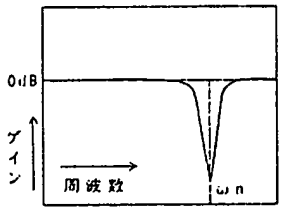
第５図　適応アクティブフィルタのサブルーチンを示す図



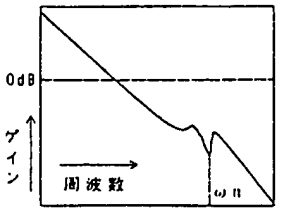
第６図　慣性負荷の特性説明図



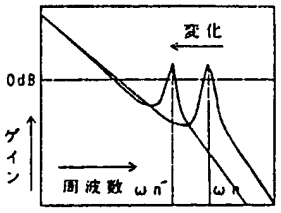
第７図　周波数特性の説明図



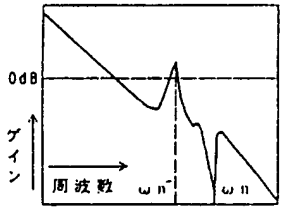
第８図　ノッチフィルタの特性説明図



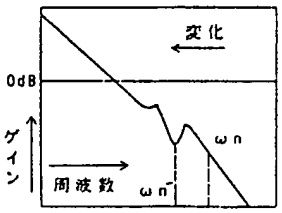
第９図 ノッチフィルタによるピークカットの説明図



第１０図　特性が変化する例の説明図



第１１図　特性が変化する例にノッチフィルタを入れた例の説明図



第１２図　特性変化にノッチフィルタが追従した特性の説明図